

현지 암반의 발파특성 평가를 통한 발파 설계인자 도출에 관한 연구

임경호¹⁾, 김준엽²⁾, 임대규³⁾, 신영철⁴⁾

A Study on the Derivation of Powder Factor for Tunnel Blast Design Based on Blastability Evaluation

Kyung-Ho Lim, Joon-Youp Kim, Dae-Kyu Lim and Young-Chul Shin

Abstract : Many blasting engineers develop their own approach to define how to blast different rockmass properties. The problem is that most of these approaches haven't been formalized in any systematic manner and they depend mainly on casual observation of local conditions by an experienced blaster. In this paper blastability index developed by Lilly is adopted to induce powder factor for blast design considering local conditions. With this approach blastability scheme can be considered joint properties as well as rockmass represented local conditions. This approach is also expected to supplement the shortcomings of existing blast design approaches.

Key words : blastability index, powder factor, fracture domain, tunnel blast design

초 록 : 여러 발파공학자들이 현지 암반의 지역적 특성을 고려한 발파를 위해 적용할 수 있는 나름대로의 방법론들을 개발하고 있는 실정이다. 그러나 대부분의 방법론들이 지역적인 암반 특성을 반영할 수 있도록 체계화 되어 있지 못할 뿐만 아니라 발파자의 관찰과 경험에만 주로 의존한다는 단점이 있다. 본 연구에서는 현지 암반의 고유한 공학적 특성을 고려할 수 있도록 Lilly가 제안한 발파지수(blastability index) 개념을 도입하여 발파설계 인자를 도출할 수 있도록 시도하였다. 발파지수 산정 시에는 암반 자체의 공학적 특성뿐만 아니라 절리 분포 특성도 반영이 되므로 현지 여건에 부합될 수 있는 발파암 분류가 가능하고, 합리적인 발파설계를 수행하는 데에 도움이 될 것으로 기대된다.

핵심어 : 발파지수, 폭약상수, 균질절리영역, 터널 발파설계

1. 서 론

발파에 영향을 주는 요소는 크게 인위적으로 제어 가능한 요소와 제어가 불가능한 요소로 대별될 수 있으며, 전자에는 폭약, 천공 패턴, 천공 길이, 기폭순서 등을 들 수 있고, 암반 특성, 절리 분포와 발달 상태와 같이 인위적인 제어가 불가능한 자연적인 요소는 발파 효율에 가장 큰 영향을 미침에도 불구하고 국내에서는 암반 특성과 발파 효

율간의 상관관계를 분석하고 이를 발파 설계에 적용하기 위한 체계적인 접근이 부족한 실정이다.

발파 효율에 영향을 주는 암반 특성은 크게 강도 특성, 물리적 특성, 암반의 에너지 흡수력, 절리면의 특성 등으로 구분할 수 있으며,²⁾ 강도 특성으로는 무결암의 압축강도, 인장강도, 전단강도 등이 해당되며, 물리적 특성에는 무결암의 탄성계수, 포아송비가 포함된다. 에너지 흡수력은 발파에 의해 발생하는 에너지를 전파하거나 흡수하는 정도를 나타내며, 발파를 위해 필요한 에너지에 영향을 준다. 절리면의 특성은 발파시 파쇄도에 영향을 주는 요소로 암반 블록의 크기, 절리면의 전단강도 등이다. 따라서 이러한 특성을 파악하여 발파 설계에 활용한다면 발파 효율의 증대에 도움이 될 것으로 기대된다.²⁾

최근까지도 암반 분류 시스템을 이용하여 경험

1) 도담 E&C 상무

2) 도담 E&C 과장

3) 대영발파엔지니어링 대표

4) 대영발파엔지니어링 과장

접수일 : 2005년 9월 16일

적 방법에 의한 터널 굴착 및 지보설계를 수행하는 방법과 유사하게 발파암 분류 방법(blastability scheme)을 통하여 암반 특성과 발파 효율간의 관계를 분석하고 이를 암반 발파설계에 적용하고자 하는 시도가 이루어지고 있다. 이와 같은 연구사례를 살펴보면 Hino는 암반의 압축강도와 인장강도의 비를 이용하여 발파상수를 구하는 방법을 제안하였고,²⁾ Heine와 Dimock은 암반의 탄성파속도와 평균 폭약상수(powder factor)간의 상관관계를 제안하였다.²⁾ Rakishev는 암반의 강도 특성 이외에 절리면을 추가로 고려하여 암반의 발파 특성(blastability)을 평가하는 방법을 제안하였다.²⁾ Ashby는 절리빈도와 절리면의 전단강도와 폭약상수로 표현되는 발파상수의 상관관계를 제시하였다.²⁾ Lilly는 암반, 절리의 분포 밀도와 방향, 비중 그리고 굳기로 표현되는 발파지수를 제안하였다.²⁾

한편 국내에서 주로 사용되는 발파암 분류법은 무결암의 일축압축강도를 이용한 방법이 있다. 이것은 무결암의 일축압축강도만으로 발파암을 분류한 후 각 발파암의 발파계수를 구하는 방법으로 암반의 특성 중 극히 일부분만을 고려할 수 있다는 한계가 있다.¹⁾

또 다른 방법으로는 터널 굴착 및 지보 설계시 활용하는 공학적 분류방법인 RMR 분류 기준에 따라 발파암 등급 분류를 한 후 등급 구분과 무관하게 발파계수를 산정하는 문제점이 있다.¹⁾

따라서 본 연구에서는 Lilly가 제시한 발파지수를 이용한 발파 설계법을 검토하였으며, 현지 암반의 시험발파 시 측정되는 발파지수 결과로부터 터널발파에 필요한 설계인자를 도출하였다.

2. 본 론

2.1 발파 지수 산정

Lilly가 제안한 발파지수(blastability index)는 다음 식으로 표현되며, 평가 요소별 설명과 특성은 Table 1에 나타내었다.

$$BI = 0.5 \times (RMD + JPS + JPO + SGI + H)$$

여기서,

RMD(rock mass description) : 암반 특성

JPS(joint plane spacing) : 절리 간격

JPO(joint plane orientation) : 절리 방향

SGI(specific gravity influence) : 비중지수

H(hardness) : 경도

Table 1. Ratings for B.I. parameters

Parameter		rating
RMD	Powdery / Friable	10
	Blocky	20
	Totally Massive	50
JPS	Close (<0.1m)	10
	Intermediate (0.1~1m)	20
	Wide (>1m)	50
JPO	Horizontal	10
	Dip Out of face	20
	Strike normal to face	30
	Dip into face	40
SGI	SGI = 25×SG - 50 (SG : t/m ³)	
H (Hardness)	1 ~ 10	

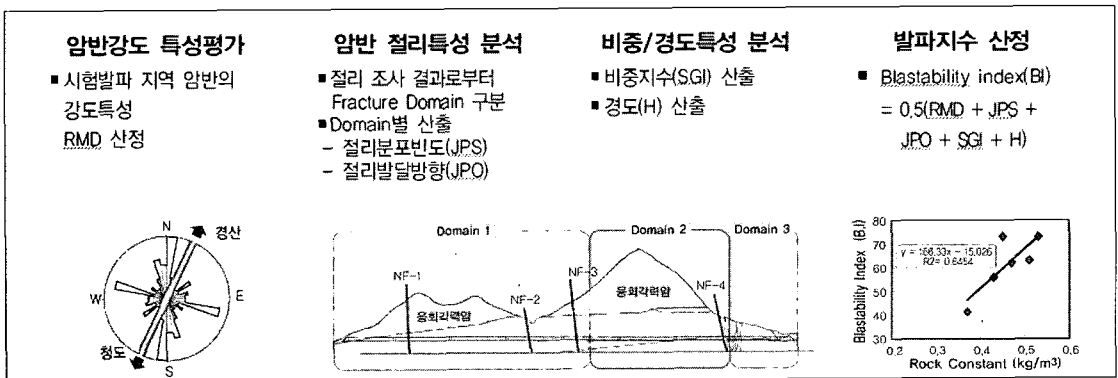


Fig. 1. Procedures for the derivation of B.I.

Lilly가 제안한 Blastability model을 활용하기 위해서는 현지 암반의 발파지수와 발파에 필요한 폭약 상수(powder factor)간의 상관관계를 파악해야만 하는데, 이들 관계는 발파가 수행되는 지역의 특성에 따라 좌우될 수밖에 없다. 그러므로 발파 대상 지역별로 다양한 조건하에서 일련의 시험발파 과정을 거쳐 발파지수와 폭약 상수간의 상관관계를 정립하여야 하며, 이러한 절차를 Fig. 3에 예시하였다.

2.2 시험발파로부터 BI 측정사례

현장에서 BI값 획득을 위하여 천공 작업전 BI 평가 요소를 조사한 후, 발파 방향에 따른 천공 위치 및 천공 제원을 선정하였다. 이 때 천공은 2자유면의 벤치발파와 동일하게 하였으며, 각 발파공별로 시험 장약량을 장약하여 발파를 실시하여 발파로 인해 형성된 누두공 형상과 파쇄량을 기초로 하여 수정된 폭약상수 C값(정장약 발파시의 C값)을 산출하여 BI값과 C값 사이의 상관성을 산출하였다. 이와 같은 일련의 과정은 Fig. 3과 같다.

2자유면 누두공 시험발파시 1공 발파/지발을 실시하였으며, 매 발파 결과를 토대로 후속 발파시 공당 장약량을 산출하여 실시하였다.

이에 따라 다양한 C값을 토대로 실험을 실시하였으며, 이에 따른 BI에 대한 C값 산출의 기본 자료로 활용하였다.

본 연구를 위하여 실시한 시험발파 지역은 3개 소로서, 강원도 홍천군 일대, 전라남도 장흥군 일

대, 전라남도 광양시 일대이다. 현장별 주요 분포 암종은 각각편마암 및 퇴적암 계열의 사암과 셰일로 구성되어 있으며, 기타 지역별 시험발파 횟수와 실측된 BI값의 범위는 Table 2와 같다.



Fig. 2. Site map for test blasting.

Table 2. Summary for test blasting

	Hongcheon	Jangheung	Gwangyang
Rock type	Gneiss	Gneiss	Sandstone
No. of blast	18	19	14
Range of BI	41 ~ 54	44 ~ 67	38 ~ 49

실험에 사용한 화약류는 에밀전 계열의 NewMite Plus-1 Ø25mm이었으며, 터널 발파 특성을 고려할 수 있도록 2자유면 누두공 시험발파를 적용하였다. 실험시 천공장과 저항선의 비율은 1:1을 유지하도록 하였으며, 천공장은 0.6~1.5m로 변화를 주어 실험을 실시하였다.

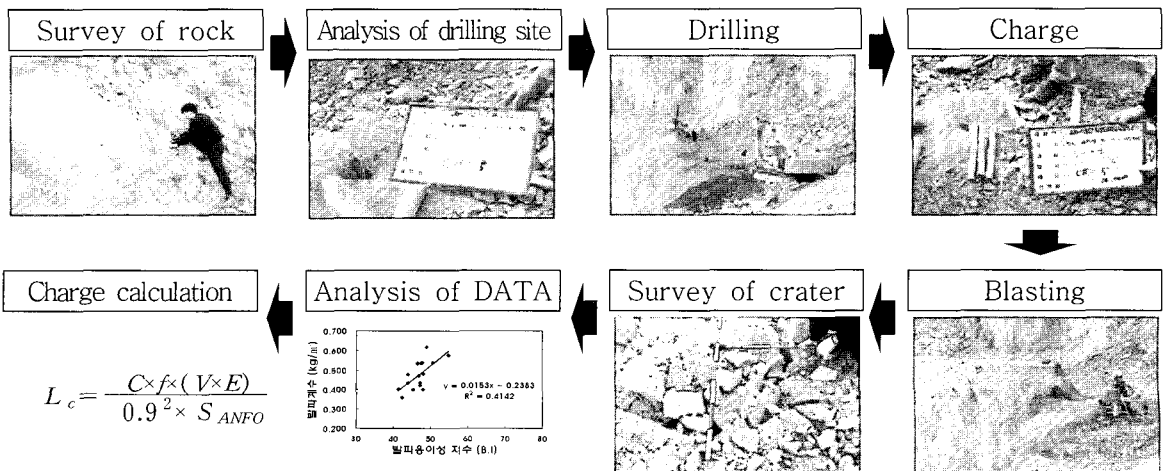


Fig. 3. Procedures for test blasting and the evaluation of powder factor.

(1) 강원도 홍천군 일원 실험

강원도 홍천군 일원의 분포 암종은 편마암으로서, 불연속면의 분포 특성에 관한 주요 조사 내용은 아래와 같다.

불연속면의 주된 발달방향은 55°/219°, 50°/178°, 46°/126°로 나타나고 있으며, 총 6개방향으로 자유면을 형성하여 발파를 실시하였다. 이에 따른 발파방향은 발파방향-1 : 85°/040°, 발파방향-2 : 85°/305°, 발파방향-3 : 87°/350°, 발파방향-4 : 85°/130°, 발파방향-5 : 85°/100, 발파방향-6 : 80°/230°로 하였다. 불연속면의 간격은 개소에 따라 차이는 있으나, 대체로 0.10~0.30m로 나타나고 있으며, 부분적으로 수cm로 매우 조밀한 불연속면의 형태로 나타낸다. 총 발파 횟수는 18회로서, 적용 천공장 및 저장형은 0.7m~1.0m를 유지하며 발파를 실시하였다. 공당 장약량은 0.125kg~0.500kg으로 발파를 실시하여 표준 비장약량을 0.3~0.5kg/m³을 유지하였다.

시험발파 결과는 Table 3과 같으며 현장에서 획득한 BI값과 수정 C값의 상관식을 산출한 결과는 Fig. 4와 같다.

Table 3. Results of test blasting(Hongcheon)

No.	Drilling Length	Burden	R	Charge	Powder Factor	B.I
CR-01	0.80m	0.80m	0.60m	0.188kg	0.617	48.900
CR-02	0.70m	0.70m	0.70m	0.188kg	0.539	50.550
CR-03	0.70m	0.70m	0.70m	0.188kg	0.539	47.745
CR-04	0.80m	0.80m	0.80m	0.188kg	0.361	42.250
CR-05	0.70m	0.70m	0.80m	0.188kg	0.402	41.425
CR-06	0.90m	0.90m	0.80m	0.313kg	0.536	46.425
CR-07	1.00m	1.00m	0.80m	0.313kg	0.473	46.755
CR-08	0.80m	0.80m	0.80m	0.250kg	0.482	48.075
CR-09	0.90m	0.90m	0.90m	0.313kg	0.422	47.250
CR-10	0.60m	0.60m	1.00m	0.375kg	0.481	43.900
CR-11	0.80m	0.80m	1.00m	0.375kg	0.434	43.900
CR-12	0.80m	0.80m	1.00m	0.375kg	0.434	47.250
CR-13	0.90m	0.90m	1.00m	0.500kg	0.538	47.415
CR-14	0.90m	0.90m	1.00m	0.500kg	0.538	46.425
CR-15	0.80m	0.80m	1.00m	0.375kg	0.434	47.250
CR-16	0.80m	0.80m	1.00m	0.500kg	0.578	54.750
CR-17	1.00m	1.00m	1.10m	0.500kg	0.401	48.075
CR-18	1.00m	1.00m	1.10m	0.500kg	0.401	45.410

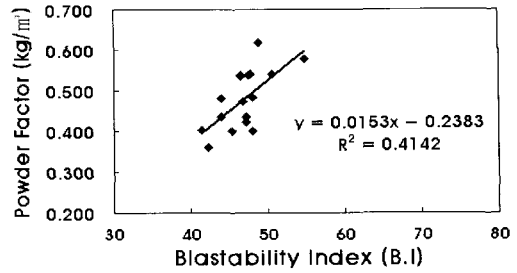


Fig. 4. Relationship between B.I. and powder factor (Hongcheon).

(2) 전라남도 장흥군 일원 실험

전라남도 장흥군에서 실시한 본 실험구간의 분포 암종은 편마암으로 나타난다.

조사 구간내 불연속면의 주된 발달 방향은 30°/041°, 75°/072°, 20°/135°, 32°/302°로 나타나고 있으며, 발파 방향은 71°/100°의 1개 방향으로 자유면을 형성하여 발파를 실시하였다. 불연속면의 간격은 대체로 0.20~0.30m로 나타나고 있으며, 부분적으로 괴상의 암반이 나타난다. 본 지역에서 실시한 시험발파 횟수는 19회이었고, Table 4에 시험 결과를 나타내었다.

Table 4. Results of test blasting(Jangheung)

No.	Drilling Length	Burden	R	Charge	Powder Factor	B.I
CR-01	1.50m	1.50m	1.20	0.750kg	0.337	63.050
CR-02	1.00m	1.00m	0.70	0.188kg	0.352	53.050
CR-03	1.00m	1.00m	0.90	0.313kg	0.382	55.550
CR-04	1.00m	1.00m	1.10	0.375kg	0.300	45.575
CR-05	0.80m	0.80m	1.20	0.375kg	0.271	58.050
CR-06	1.50m	1.50m	1.30	0.875kg	0.340	63.050
CR-07	1.50m	1.50m	1.40	1.125kg	0.380	59.725
CR-08	1.00m	1.00m	1.00	0.313kg	0.308	55.550
CR-09	1.00m	1.00m	0.90	0.250kg	0.306	50.550
CR-10	1.00m	1.00m	1.10	0.438kg	0.351	54.725
CR-11	0.80m	0.80m	0.70	0.188kg	0.473	61.350
CR-12	0.80m	0.80m	0.70	0.188kg	0.473	58.050
CR-13	0.80m	0.80m	1.00	0.313kg	0.361	59.700
CR-14	0.80m	0.80m	0.60	0.125kg	0.412	67.150
CR-15	1.00m	1.00m	0.80	0.250kg	0.379	53.050
CR-16	1.00m	1.00m	1.00	0.375kg	0.370	55.550
CR-17	1.00m	1.00m	1.20	0.500kg	0.327	44.750
CR-18	1.00m	1.00m	1.20	0.500kg	0.327	55.550
CR-19	1.00m	1.00m	0.70	0.125kg	0.235	46.400

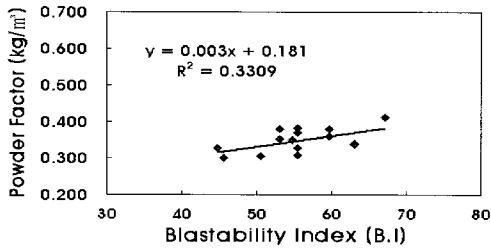


Fig. 5. Relationship between B.I. and powder factor (Jangheung).

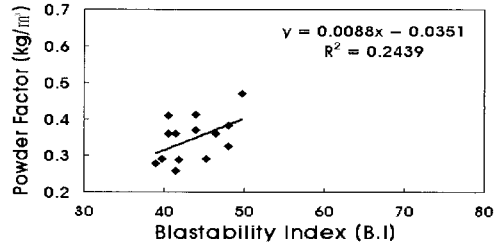


Fig. 6. Relationship between B.I. and powder factor (Gwangyang).

(3) 전라남도 광양시 일원 실험

전라남도 광양시 일원의 분포 암종은 사암 및 세일로서, 불연속면의 분포 특성에 관한 주요 조사 내용은 아래와 같다.

불연속면의 주요 발달방향은 14°/186°, 75°/351°, 71°/100°로 나타나고 있으며, 총 2개방향으로 자유면을 형성하여 발파를 실시하였다. 이에 따른 발파 방향은 발파방향-1 : 85°/160°, 발파방향-2 : 85°/253°을 유지하였다. 불연속면의 간격은 개소에 따라 차이는 있으나, 대체로 0.10~0.20m로 나타나고 있으며, 부분적으로 수cm로 매우 조밀한 간격을 나타내기도 한다. 퇴적암의 특성인 층리는 대체로 수평에 가까운 형태로 발달하고 있으며, 사암과 세일이 교호하여 나타나고 있다. 본 지역에서 실시한 시험발파 횟수는 14회이었고, Table 5에 시험 결과를 나타내었다.

Table 5. Results of test blasting(Gwangyang)

No.	Drilling Length	Burden	R	Charge	Powder Factor	B.I
CR-01	0.80m	0.80m	1.00m	0.250kg	0.289	39.750
CR-02	0.70m	0.60m	0.80m	0.188kg	0.277	38.925
CR-03	0.60m	0.60m	1.20m	0.375kg	0.287	41.895
CR-04	0.80m	0.60m	0.60m	0.188kg	0.361	40.575
CR-05	0.80m	0.70m	1.00m	0.313kg	0.258	41.400
CR-06	1.00m	1.00m	1.20m	0.625kg	0.409	40.575
CR-07	0.80m	0.80m	1.00m	0.313kg	0.361	41.400
CR-08	1.00m	1.00m	1.00m	0.375kg	0.370	43.925
CR-09	0.80m	0.80m	0.60m	0.125kg	0.412	43.925
CR-10	0.70m	0.60m	0.70m	0.188kg	0.382	48.050
CR-11	0.70m	0.80m	1.00m	0.188kg	0.324	48.050
CR-12	0.80m	0.80m	1.00m	0.313kg	0.361	46.400
CR-13	1.00m	1.00m	0.70m	0.250kg	0.469	49.750
CR-14	0.80m	0.80m	1.00m	0.250kg	0.289	45.245

2.3 시험대상 지역별 장약 패턴 검토

시험 대상 지역별로 실측된 BI와 C값의 상관성을 토대로 산출한 공당 장약량과 기존의 경험적 방식인 RMR과 C값의 상관성을 토대로 산출한 공당 장약량을 비교 분석하였다. 아래의 표는 Type-1을 근거로 분석하였다.

Table 6. Summary of B.I. and powder factor

Param-eter	Hongcheon		Changheng		Gwangyang	
	Factor	Rating	Factor	Rating	Factor	Rating
RMD	Blocky	20	Block~ Totally massive	35	Blocky	20
JPS	0.05m	10	0.395m	29.375	0.07m	10
JPO	Strike Normal to face	30	Dip into the face	40	Strike Normal to face ~ Dip into face	35
SGI	2.7	17.5	2.7	17.5	2.7	17.5
H	8		8		8	
BI	42.750		64.938		45.250	
C값	0.416		0.376		0.363	

(1) 패턴별 확대공내 공당 장약량 산출

각 지역별 BI. Vs. C값의 상관식을 토대로 확대공내 공당 장약량을 산정하였다. 산정시 기초 자료는 아래와 같다.

Table 7. Drilling patterns for comparison

	Type-1	Type-2	Type-3	Type-4	Type-5	Type-6
Drilling Length	3.80m	3.80m	2.20m	1.60m	1.30m	1.10m
Space	0.900m	0.900m	0.800m	0.750m	0.700m	0.650m
Burden	0.900m	0.900m	0.800m	0.750m	0.700m	0.650m

공당 장약량 산정시 각 발파공에 장약하는 화약 종류는 직경 32mm로 통일하였다. 적용 화약류는 Type-1,2에서는 다이내마이트계열을 선정하였으며, Type-3~6에서는 에멀전 계열 화약류를 선정하였다.

RMR값을 토대로 산출한 C값의 상관식은

$$C = 5.73 \times 10^{-3} \cdot RMR + 0.057 \quad (5)$$

을 토대로 산정하였다.

각 지역별 C값 산출결과는 Table 8과 같다.

Table 8. Powder factor by pattern

	Type-1	Type-2	Type-3	Type-4	Type-5	Type-6
Hongcheon	0.416	0.406	0.397	0.389	0.381	0.381
Jangheung	0.376	0.374	0.372	0.371	0.369	0.369
Gwangyang	0.363	0.358	0.352	0.348	0.343	0.343
RMR	0.520	0.460	0.400	0.340	0.290	0.290

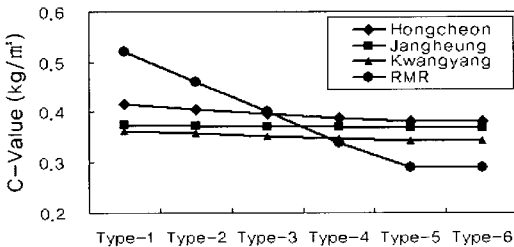


Fig. 9. Illustration of powder factor by pattern.

Fig. 9에서 보면 RMR에 의한 C값 산출 결과는 0.290~0.520kg/m³의 범위로 지보등급간 차이가 크게 나타났다. 그러나 BI 실측결과를 토대로 도출한 C값의 경우, 0.343~0.416kg/m³의 범위로 지보등급간 차이가 상대적으로 작게 나타남을 알 수 있다.

Table 9. Results of charge weight per hole

	Honcheon	Jangheung	Gwangyang	RMR
Type-1	1.750kg	1.750kg	1.500kg	2.250kg
Type-2	1.750kg	1.750kg	1.500kg	2.000kg
Type-3	0.750kg	0.750kg	0.750kg	0.750kg
Type-4	0.500kg	0.500kg	0.500kg	0.500kg
Type-5	0.250kg	0.250kg	0.250kg	0.250kg
Type-6	0.250kg	0.250kg	0.250kg	0.250kg

이와 같이 산출한 C값을 토대로 확대공내 공당 장약량을 산정하였다. 공당 장약량 산정시 1.0분 단위 반올림, 혹은 올림을 실시하여 산정하였다.

산정한 공당 장약량은 아래 Table 9와 같다.

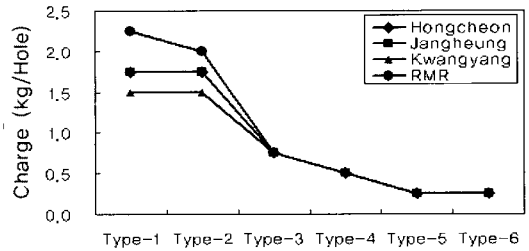


Fig. 10. Illustration of charge weight per hole.

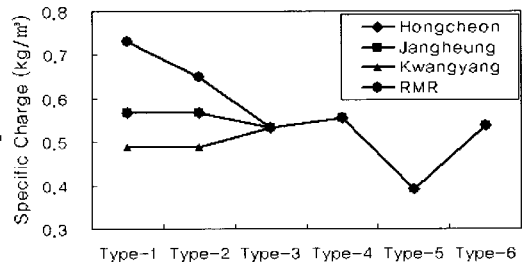


Fig. 11. Specific charge weight per hole.

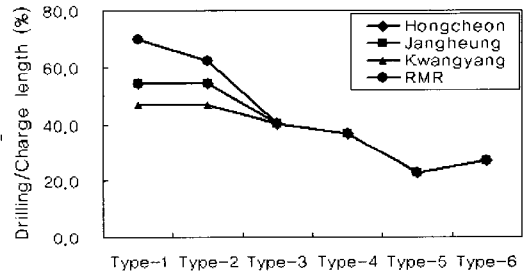


Fig. 12. Comparison between drilling/charge length.

시험발파 결과로부터 도출한 C값을 이용하여, 공당 장약량 산정 결과, 홍천군과 장흥군에서의 장약량은 동일하게 나타났다. 또한 대체로 Type-1, 2에서 장약량에 차이가 있으나, Type-3이하의 패턴에서는 장약량이 거의 동일하게 나타나고 있다.

기존 RMR 분류값에서 도출한 C값을 이용하여

산출한 경우의 공당 장약량이 실험을 토대로 산출한 장약량보다 많이 산출되었다. 그러나, Type-1의 경우, 천공장과 장약장의 비가 70%로서, 일반적인 장약장보다 크게 산출되었다.

비장약량의 경우, 대체로 0.5kg/m³ 이상으로 나타나고 있으며, 광양시에서의 실험결과는 Type-1,2에서의 비장약량이 다른 지역에 비해 작게 나타나고 있는데 이와 같은 원인은 현장 암반이 퇴적암 계열로서, BI값이 상대적으로 과소하게 평가된 것에 기인한 것으로 판단된다.

또한 천공장 대비 장약장의 비율은 Type-1 ~ Type-3은 40%~50%이상으로 나타나고 있다.

5. 결론

터널발파 설계시 현지 암반의 공학적 특성을 반영하기 위하여 시험발파 결과를 토대로 발파지수(BI)와 폭약상수(C값) 사이의 상관성을 도출하였다. 실험 지역의 분포 암종은 편마암 2개소, 퇴적암 1개소이었으며, 기존의 방식과 비교하기 위하여 RMR 분류값으로 도출한 C값도 산정하였다.

그 결과, BI 실측 결과를 토대로 도출한 C값의 경우 0.343~0.416kg/m³, RMR에 의한 C값 산출 결과는 0.290~0.520kg/m³의 범위를 나타내며, 지보패턴 Type-1,2의 경우 RMR로 산출한 C값이 크게 나타났고 Type-4~6의 경우에는 BI 실측 결과로부터 도출한 C값이 크게 나타났다.

또한 지보패턴별 공당장약량 산정 결과는 Type-1, 2와 같이 굴진장이 비교적 긴 패턴에서 차이를 보이고 있으며, Type-3이하와 같이 굴진장 2.0m이하에서는 공당 장약량이 3개 현장 및 RMR과 C값 산정 결과가 동일하게 나타났다. 이와 같은 결과는 굴진장과 저항선, 선형 장약 밀도와 공당 1분 단위로 장약량을 산정하는 것 등에 의한 제약 조건에서 기인한 것으로 분석되었다.

참고문헌

1. 김치환, 2001, 질리 특성을 고려한 터널 발파 설계, 터널과 지하공간, Vol. 11, pp. 182-189.
2. Scott, A., 1996, Blastability and blast design, Rock Fragmentation by Blasting (Mohanty eds.), pp. 27-36.
3. Hoek, E. and J. Bray, 1981, Rock slope Engineering, The Institute of Mining and Metallurgy, London, pp. 282-284.
4. Barton, N. and V. Choubey, 1977, The shear strength of rock joints in theory and practice, Rock Mech., Vol. 10, pp. 1-54.
5. 김태형, 이정인, 2002, 터널 발파패턴 설계의 자동화를 위한 설계변수의 정량적 표현에 관한 연구, 한국암반공학회 02 춘계학술발표회 논문집, pp. 55-64.

**임 경 호**

1986년 서울대학교 공과대학 자원공학과 공학사
 Tel : 031-420-4440
 E-mail : khlimdo@hanmail.net
 현재 (주) 도담 E&C 터널부 상무

**김 준 업**

2000년 성균관대학교 공과대학 토목공학과 공학사
 Tel : 031-420-4440
 E-mail : cassion@unitel.co.kr
 현재 (주) 도담 E&C 터널부 과장

**임 대 규**

1988년 강원대학교 공과대학 토목공학과 공학사
 1997년 건국대학교 대학원 토목공학과 공학석사
 Tel : 033-762-8560
 E-mail : limblast@nate.com
 현재 기술사사무소 대영발파엔지니어링 대표

**신 영 철**

2001년 강원대학교 자연과학대학 지질학과 이학사
 2003년 강원대학교 대학원 지구물리학과 이학석사
 Tel : 033-762-8560
 E-mail : shinyc93@hotmail.com
 현재 기술사사무소 대영발파엔지니어링 과장
